Über die

Entwicklung des Süsswasserschwamms.

(Aus dem Zoologischen Institut zu Berlin.)

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VON DER PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT

DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

GENEHMIGT

UND

NEBST DEN BEIGEFÜGTEN THESEN

ÖFFENTLICH ZU VERTEIDIGEN

am 23. Mai 1890

VON

Otto Maas

aus Mannheim.

OPPONENTEN:

Hr. Cand. phil. B. Wandollek.
- Cand. phil. R. Heymons.
- Dr. phil. A. Hafner.
- Referendar W. Jossmann.

BERLIN.

Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke).

Linienstrasse 158.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535701_0145

Dem

Andenken seines teuren Vaters

und

Seiner lieben Mutter.

Die Entwicklungsgeschichte der Spongillen hat eine Reihe von Darstellern gefunden. Deren Angaben lauten jedoch, wie schon eine flüchtige Übersicht der Litteratur zeigt, so verschiedenartig und widersprechend, dass eine neue Untersuchung mit verbesserten Hülfsmitteln der Technik wohl gerechtfertigt erscheint.

Ausser Carter kommt zunächst Lieberkühn in Betracht. Er hat die „Schwärmsporen", wie er sie nennt, ihr Festsetzen und ihre Ausbreitung zum jungen Schwamm zuerst festgestellt. Für die Histologie sind seine Arbeiten (Litteraturverzeichnis 16 — 22) ausserordentlich wertvoll, geradezu grundlegend; auch für die Entwicklungsgeschichte enthalten sie eine Reihe wichtiger Beobachtungen, deren an den einzelnen Stellen gedacht werden muss.

Auf modernem Boden stehen die Untersuchungen von Ganin (L. V. 7, 8). Ihre Hauptergebnisse sind mit anderen bekannten Thatsachen gut vereinbar, so die Zusammensetzung der Larve aus drei Schichten und deren Verwendung zum Aufbau der Gewebe des Schwamms, die Entstehung der Geisselkammern aus einem einheitlichen Hohlraum durch Ausstülpung u. A. Manches konnte allerdings Bedenken erregen, wie die Annahme einer wirklichen Leibeshöhle noch ausser der Entodermhöhle, sowie der Umstand, dass viele seiner Bilder keine wirklichen, sondern nur optische Durchschnitte sind.

Göttes Resultate (L. V. 9, 10) sind von den eben genannten Punkt für Punkt verschieden. Die Larve ist nach

ihm zweischichtig, ihr Ectoderm wird aber bei der Metamorphose abgeworfen und „der ganze künftige Schwamm geht mit allen seinen Teilen aus dem Entoderm hervor.“ In letzterem bilden sich durch Lockerung die Hohlräume, die Geisselkammern entstehen getrennt von einander aus je einer Zelle durch Knospung; die Dotterkörner bilden sich dabei direkt zu Kernen um.

Der auffallendste Punkt ist hierbei die Abstossung des Ectoderms. Da dasselbe bei den Larven von Sycandra (L. V. 31), Plakina (35), Oscarella (13) Chalinula (14), nach den bestimmten Mitteilungen der Autoren F. E. Schulze, Heider und Keller, vollständig in das äussere Epithel des jungen Schwamms übergeht, da ferner jedoch bei Reniera laut Marshall (24) ein teilweises Blosslegen der innern Keimschicht stattfindet, und auch bei Esperia von Barrois (1) etwas derartigs erwähnt wird, so wird vollends durch die Göttesche Darstellung bei Spongilla jede übereinstimmende Auffassung, auch des ausgebildeten Schwammkörpers, bei den verschiedenen Arten unmöglich.

Im Hinblick auf alle diese Widersprüche ergriff ich daher gern die Anregung meines hochverehrten Lehrers, zunächst die Metamorphose der Spongilla mit Hülfe des von ihm erfundenen Horizontalmikroskops und der Deckglasaquarien zu verfolgen, sodann aber auch die ganze übrige Entwicklung noch einmal zu studieren.

Durch Fiedler (6) ist die einzellige Natur des Eies gegenüber der Anschauungsweise Göttes überzeugend verteidigt worden. Meine Untersuchungen habe ich daher am reifen Ei begonnen und versucht, dieselben ohne Lücke bis zum fertigen jungen Schwamm durchzuführen.

Wenn ich nicht für alle Stadien dieselbe Bestimmtheit der Deutung in Anspruch nehme, wie für die Vorgänge bei der Metamorphose, so geschieht dies, weil ich

glaube, dass mir erst das Studium verwandter mariner Formen darüber völlige Klarheit bringen wird. Auf keinen Fall möchte ich den Süsswasserschwamm, der in so vielen Beziehungen abgeändert und als ungünstiges Objekt erscheint, zum Ausgangspunkt vergleichender Speculation machen.

Die Arbeit wurde im zoologischen Institut der Universität Berlin ausgeführt in der Zeit vom Sommer 1889 bis zum Frühjahr 1890. Herrn Prof. F. E. Schulze sage ich meinen aufrichtigen Dank für das grosse Interesse, das er meinen Untersuchungen zuwandte, und für die mannigfache Förderung, die denselben daraus erwuchs. Auch den Herren Dr. Korschelt und Dr. Heider bin ich für vielfache Anleitungen sehr verbunden.

Im zoologischen Anzeiger (No. 216, 1889) habe ich bereits eine kurze vorläufige Mitteilung über meine Ergebnisse, soweit sie die Continuität des Ectoderms betreffen, veröffentlicht.

Material und Methoden der Untersuchung.

Material lieferte mir in reichster Fülle die Spree, die gerade im Herzen von Berlin, wo jedenfalls viele Abfallsstoffe ins Wasser gelangen, ein ausserordentlich mannigfaches Tierleben zur Entfaltung bringt. Ganze Rasen von Vorticellinen bedecken die Steine, zwischen den Wasserpflanzen schwärmen zahllose Infusorien umher, nach denen Hydren ihre Arme strecken, und die verschiedensten Spongillen überkleiden die Pfähle der dort befindlichen Waisenbrücke. Die davon ausschwärmenden Larven sind so zahlreich, dass es an manchem günstigen Sommertag genügt, ein Glas Wasser im Fluss zu schöpfen, um mit Sicherheit einige darin zu erhalten. Die mütterlichen Schwämme selbst haben ein sehr verschiedenes Aussehen und gehören zu mehreren Arten. An den Seiten der Pfähle, wo die Strömung stärker ist, ist

die meistens grün aussehende Sp. lacustris vertreten und flottiert mit ihren baumartigen Verzweigungen im Wasser; an den von der Strömung abgekehrten Stellen bilden sich dünne schmutzig gelbliche Überzüge von Sp. fluviatilis, und mehr in der Tiefe finden sich dicke, blendend weisse und zackige Krusten derselben Species. Diese letzteren haben mir vorzugsweise zu meinen Untersuchungen gedient. Um unnötige Arbeit zu vermeiden, empfiehlt es sich, die mit dem Netz hervorgeholten Krusten, sofort im Kahn in einer flachen Schale mit der Lupe auf Furchungsstadien zu prüfen, die an ihrer weisslichen Farbe im übrigen Gewebe leicht erkannt werden. Die so ausgewählten Stücke wurden in Gläser mit Spreewasser gefüllt und im Institut in bereitgehaltene Aquarien verteilt, wie es Fiedler beschreibt. Bemerken möchte ich nur, dass es für das längere Leben der Stücke ratsam ist, die Aquarien nicht nur „vor starker Besonnung geschützt", sondern in möglichstem Schatten aufzustellen, wie es aus ihren natürlichen Siedelplätzen im Fluss hervorgeht. Sobald die Larven zahlreich ausgeschwärmt waren, was gewöhnlich über Nacht geschah, wurden sie zum Teil nebst einem Stück des mütterlichen Schwamms auf verschiedene Weise conserviert, zum Teil in einer grossen Glasröhre einzeln aufgefangen und ins Deckglasaquarium übertragen.

Da dieser Apparat, wie aus zerstreuten Litteraturangaben (Verworn, Fiedler [6]) hervorgeht, wohl gelegentlich zum Studium von Bewegungen, bisher aber noch nicht zur wissenschaftlichen Beobachtung gebraucht worden ist, so empfiehlt es sich, hierüber einige Angaben zu machen. Auf einem Stativ ruht das oblonge Aquarium, dessen vordere und hintere Wand aus je einem 1 qdm grossen Deckglas besteht, während die 1 cm tiefen Seiten durch massive Glasstützen gebildet werden. Es befindet sich in ihm also eine Wasser-

menge von gegen 100 cbcm, auch Elodeapflänzchen und Bodenteilchen können hineingebracht werden. Die Verhältnisse sind den natürlichen möglichst ähnlich, unvergleichlich günstiger wie im hängenden Tropfen oder Grammeschen Ring, und was die Hauptsache ist, man kann ein und dasselbe Individuum, während der ganzen Dauer der Metamorphose, als freischwärmende Larve beim Festsetzen und als jungen Schwamm im Auge behalten. Das horizontal gestellte Mikroskop lässt sich bequem handhaben, und durch den besonders aufgestellten Spiegel einerseits wie durch die am Aquarium angebrachte Blende andererseits lässt sich sowohl genügende Helligkeit zur Anwendung stärkerer Vergrösserungen (Zeiss, E. und F.), als auch die für das Weiterentwickeln der Larven nötige Dunkelheit erzielen.

Zur Beobachtung der Einwirkung von Reagentien bediente ich mich ausserdem des hängenden Tropfens, den ich mir auf folgende Weise herstellte. Grosse Deckgläser wurden vorsichtig auf die Wasseroberfläche der Zuchtaquarien gelegt, so dass sie (nach dem bekannten physikalischen Experiment) schwammen; an diese setzten sich die Larven gerne an und konnten dann mit denselben herausgenommen und beobachtet werden. Auch für die Anfertigung von Dauerpräparaten eignet sich dies Verfahren, besonders bei NO_3Ag-Einwirkung. Es können auf diese Weise Präparate in Canadabalsam zwischen zwei Deckgläsern hergestellt werden, so dass ein Betrachten von zwei Seiten möglich ist, was für manche Stadien sich wichtig zeigt.

Zum Härten der ganzen Schwammstücke bediente ich mich nach vorherigem Ausschwenken (wie es F. E. Schulze angiebt) des absoluten Alkohols. Für die Larven wandte ich Sublimat, Überosmiumsäure und die Flemmingsche Chromosmiumessigsäure an. Besonders letztere lieferte so gute Resultate, dass ich sie bald aus-

schliesslich gebrauchte. Zum Durchfärben der ganzen Schwammstücke wie auch der Larven benutzte ich Boraxcarmin, manchmal auch Hämatoxylin. Zum Nachfärben der Schnitte behufs Differenzierung des Dottermaterials, was für viele Fragen von grosser Bedeutung ist, dienten mir Anilinfarben: Bleu de Lyon und Malachitgrün. Letzteres in einer schwach alkoholischen Lösung mit nachherigem Auswaschen durch stärkeren Alkohol lieferte mir die besten Bilder. Das Einbetten der mütterlichen Schwämme sowie der Larven geschah in Paraffin. Wo die letzteren an Elodeablättern sassen, war dies ohne weiteres möglich; im andern Fall mussten die Objecte wegen ihrer Kleinheit vorher mittels Eiweiss auf Leberstückchen aufgeklebt werden[1]). Die Schnittdicke betrug nach dem jeweiligen Bedürfnis $^1/_{20}$ bis $^1/_{200}$ mm. Eine besondere Schwierigkeit für das Mikroskopieren bietet der Umstand, dass die Larve, selbst kaum grösser als eines der grossen Infusorien (nach Lieberkühn gegen $^2/_3$ m lang, $^1/_2$ m breit) sich aus hunderten von Zellen zusammensetzt, sodass sich manchmal die stärksten Vergrösserungen (Zeisssche apochromatische Immersion) als machtlos erweisen.

Furchung und Bildung der Höhle.

Das reife Ei mit seinem Reichtum an grösseren und kleineren Dotterkörnern, dem bläschenförmigen Kern mit dem stark tingierbaren Kernkörperchen ist besonders von Fiedler genau beschrieben worden. Auch bezüglich der Furchung kann ich seine kurzen Bemerkungen, sowie Ganins Darstellung im Allgemeinen nur bestätigen. Es liegt bei Spongilla eine nach dem gewöhnlichen zweiteiligen Typus verlaufende äquale Furchung vor, die

[1]) Semon, Entwicklung von Synapta digitata. Jenaische Zeitschrift B. 22, 1888.

zunächst zur Bildung eines maulbeerförmigen und durchaus compacten Zellenhaufens führt, wie ihn schon Lieberkühn als „unbewimperter Embryo“ abbildet.

Da der Hauptteil des ganzen Entwickelungsverlaufs im mütterlichen Follikel vor sich geht, so ist man, wie Götte mit Recht hervorhebt, „auf die Combination der Bilder angewiesen, welche bei den Durchschnitten ganzer Schwammstücke zufällig gewonnen werden“ (10 pag. 4). Doch schien mir die Schwierigkeit, geschlossene Reihen der Vorgänge zu erhalten, nicht so gross. Die trächtigen Spongillen sind nämlich ausserordentlich reich an Furchungsstadien, sodass man auf einem dünnen Querschnitt von etwa einem Quadratcentimeter gewiss sechs davon angeschnitten erhält, oft aber auch das dreifache. Ausserdem schienen sie mir in Bezug auf ihre Lage einer gewissen Gesetzmässigkeit zu unterliegen. Denn, wenn auch von einer besonderen Keimstätte nicht die Rede sein kann, und alle Zellen des sogen. Mesoderms zur Eibildung verwandt werden können, so fand ich doch in den oben erwähnten Schwammkrusten die weniger entwickelten Stadien mehr nach der Oberfläche zu, wo mir aus andern Gründen das hauptsächlichste Wachstum des Schwamms stattzufinden scheint, und die ausgebildeteren mehr in der Tiefe, wo sich die grösseren ausführenden Lacunen sammeln. Je nachdem man also seinen Paraffinblock orientiert hat, kann man entweder verschiedene Stufen auf einem Schnitt vergleichen oder von den Schnitten mit früheren Stadien zu den ausgebildeteren fortschreiten. (Auch Keller giebt an [14 p. 335], dass „das Schwärmen an der Basis des Schwammes zuerst erfolgt und gegen das Osculum fortschreitet.“)

Die zwei ersten Furchungszellen gelangen häufig zur Ansicht, sie erscheinun in Bezug auf Tingierbarkeit, Grösse und Structur durchaus gleich; ebenso wenig lässt sich bei den 4-, 8-, 16- und mehrzelligen Stadien eine

Verschiedenheit nachweisen, etwa in der Weise, dass an einem Pol die Zellen sich schneller teilen und ihr Dottermaterial früher verarbeiten würden. Wo am einzelnen Schnitt einmal eine Verschiedenheit der Blastomeren zu sehen ist, lässt sich durch Zusammensetzung der vorangehenden und folgenden Schnitte — am besten im Modell — stets nachweisen, dass die Ungleichheit nur durch die Schnittrichtung bedingt war. Die einzelnen Blastomeren der etwa 64zelligen Morula sind noch ganz ähnlich gebaut, wie das Ei. Sie bestehen aus einem sehr zähen Protoplasma, in dem Dotterkörner dicht eingelagert sind. Diese letztern sind im Allgemeinen kleiner, wie die im Ei, färben sich mit Boraxcarmin tiefrot und verdecken auf diese Weise öfters den Kern, der sich aber in andern Fällen als wasserhelles Bläschen mit dunkelrotem Nucleolus bemerkbar macht und durch die Doppelfärbung noch mehr hervorgehoben werden kann. Die einzelnen Blastomeren sind, wie Götte beobachtet, „bald locker gefügt, bald gegeneinander abgeplattet"; doch scheint mir das letztere das typische Verhalten zu sein und das erstere von nicht festschliessenden Follikeln herzurühren. Jedenfalls ist die Morula durchaus solid und zeigt nicht die Spur einer Furchungshöhle. Wenn auch, wie Ganin bemerkt, beim vierteiligen Stadium die Andeutung einer solchen vermutet werden könnte, so verschwindet dies später, wie er selbst auch betont, ganz und gar, und Schnitte zeigen, wie sehr die Zellen den gegebenen Raum ausnutzen. Die Grösse und äussere Gestalt der Morula gleicht, von Anomalien abgesehen, der des Eies, ihr Querschnitt ist kreisrund, ihr Längsschnitt oval. Eine Verschiedenheit der beiden Pole habe ich nicht mit Sicherheit feststellen können.

In demselben Sinne, wie dies F. E. Schulze beim Badeschwamm thut (33 p. 643), könnte man auch bei

Spongilla von einer „Abfurchung“ sprechen, insofern die Zellen bei den ersten Teilungen noch durchaus Blastomeren-Charakter tragen, von einem bestimmten Stadium an aber sich rapide zu teilen anfangen, und die gleichzeitige Differenzierung der Gewebsschichten eintritt. Zwischen beiden Vorgängen liegt die Bildung der Höhle.

Nach Ganin tritt zuerst eine Differenzierung der Zellen durch raschere Teilung der peripheren Elemente auf, und dann erst erfolgt „durch Desaggregation und Zerfall der centralen Zellen“ die Bildung der Höhle. Götte aber hält ihm mit Recht deren excentrische Anlage entgegen, die Ganin bei seinen optischen Durchschnitten entgangen sei, und sagt selbst (p. 5), dass an einem peripher differenzierten Embryo die Höhle schon vorhanden ist. Ich kann dies durchaus bestätigen. Sobald nur einigermassen Unterschiede in den Zellen hervortreten, ist auch bereits die Höhle zu sehen. Schon deshalb aber glaube ich, dass man hier nicht von einer epibolischen Gastrula sprechen darf, wie es Götte thut. Denn was für diese charakteristich ist, das Vorhandensein eines differenten äusseren Zelllagers und einer grosszelligen kompakten Innenmasse, tritt bei Spongilla zu keiner Zeit auf.

Nach einer ganzen Reihe von Bildern, die mir im Verlauf meiner Schnittserien erschienen sind, scheint mir die Entstehung der Höhle von aussen her zu erfolgen. Dafür spricht zunächst ihre excentrische Lage, dann aber auch ihre charakteristische, etwa mützenförmige Gestalt, die im Längsschnitt halbmondförmig, im Querschnitt kreisrund erscheint. In der That kann man Übergänge von einer leichten Einsenkung von dem einen Pol der Morula bis zu einer so geformten Höhlung auffinden, und diese Bilder sind zu häufig, als dass ich sie für zufällige halten könnte. Auch sind es nicht herausgefallene Blastomeren, die solche Lücken vor-

täuschen; diese zeigen ein anderes Ansehen und erscheinen nur in weiten Follikeln, die die Morula nicht fest zusammenhalten, während die Bilder, die ich in Beziehung zur Höhle bringe, gerade an sehr festgefügten, sich gegenseitig abplattenden Furchungszellen auftreten. Auf jeden Fall ist die Höhle schon gebildet, ehe eine Differenzierung der Zellen auftritt. Schnitte, die mit Absicht sehr dick hergestellt wurden, zeigen bei hoher Einstellung den Boden, bei tiefer die Decke der Höhle, bei mittlerer die Höhle selbst. Die Schliessung ist also schon erfolgt, die umgrenzenden Zellen zeigen aber noch durchaus Blastomerencharakter.

Wie dieser Entstehungsmodus aufzufassen wäre, wird sich, wie ich in der Einleitung bemerkt habe, wohl erst beim Studium verwandter, mariner Formen ergeben. Ob wir es hier mit einer wirklichen Einstülpung zu thun haben, die nur deswegen so klein ist, weil bei der Morula im Gegensatz zur Blastula die Furchungshöhle sehr rudimentär ist, oder ob wir eine Art Umwachsung vom einen Pol annehmen sollen (Keller, Chalinula 14 p. 335), oder ob hier ein Mittelding zwischen epibolischer und Einstülpungs-Gastrula vorliegt, das sind einstweilen nur Vermutungen, die ihre Stütze erst durch weitere Beobachtungen an Kieselschwämmen finden können.

Differenzierung der Gewebe.

Der jetzt beschriebene Embryo ist kein ungeordneter Zellhaufen; er birgt in seinem Innern eine charakteristisch geformte und gelegene Höhlung und besitzt bereits die ovale Gestalt der Larve. Auch können die einzelnen Zellen nicht mehr als gleichwertig angesehen werden, da sie durch ihre Lage verschiedene Beziehungen sowohl unter sich, wie zur Aussenwelt gewonnen haben. Es lässt sich aus diesem Grunde wohl

denken, dass z. B. die Zellen x des Embryos sich im Laufe der Entwickelung anders verhalten werden, wie die Zellen y oder z; äusserlich aber unterscheiden sie sich einstweilen in keiner Weise, und auch im Laufe der weiteren Entwickelung lässt sich keine scharfe Grenze zwischen ihnen ziehen, so dass man etwa sagen könnte: die einen Blastomeren liefern das Ectoderm, die andern das Mesoderm, die andern das Entoderm. Wenn ich daher auch in der Folge diese Ausdrücke für die Gewebe der Larve verwende, so geschieht dies mehr, um damit eine geläufige Terminologie für die Schichten der Larve anwenden zu können, als um damit von wirklichen Keimblättern zu reden.

Die Differenzierung der Gewebe erfolgt an allen Punkten ziemlich gleichzeitig, unter Aufbruch des vorhandenen Dottermaterials und rapider, vielfach wiederholter Teilung der Zellen, nur in der mittleren Schicht bleiben Dotterkörner etwas länger liegen. Die Verfolgung dieser Vorgänge im einzelnen ist ziemlich schwierig, weil man auf Combination der Bilder angewiesen ist, und die Elemente sehr klein sind; doch glaube ich das folgende mit Bestimmtheit aussagen zu dürfen.

Die peripheren Zellen teilen sich sehr schnell in verschiedene unregelmässig geformte Stücke; Kernteilungsbilder sind dabei häufig zu sehen, ohne dass sich für die Richtung der Spindeln eine Regel aufstellen liesse, im Gegenteil scheinen Teilungen in allen Ebenen vorzukommen. Diese unregelmässigen Zellen, die noch Dotterkörner enthalten, zerfallen wieder in eine grosse Anzahl von kleineren rundlichen Zellen, die ihrerseits vollkommen dotterfrei sind und einen runden Kern mit Chromatingerüst aufweisen. Sie scheinen gruppenweise angehäuft (fast, als wenn jede Gruppe aus einem Blastomer herrührte), umgeben als geschlossenes Lager den ganzen Embryo, lassen sich aber von dem unterliegen-

den Gewebe nicht scharf abgrenzen. Nach und nach werden aus ihnen immer mehr cylindrische Zellen mit länglichen Kernen, in richtiger epithelialer Anordnung. Unterdessen sind auch an allen anderen Stellen ausserordentlich rasche Teilungen vor sich gegangen. Die Höhle zeigt sich umgrenzt von einem deutlichen Lager rundlicher und kubischer kleiner Zellen, die an manchen Stellen besonders gehäuft erscheinen und bisweilen Fortsätze bis in die Innenmasse hinein erkennen lassen. Auch diese selbst zeigt sehr verschiedene Elemente. Ausser noch dotterreichen Zellen mit hellem Protoplasma und bläschenförmigem Kern, finden sich schon andere Zellen, die kein Dottermaterial mehr enthalten, deren Kern ein Chromatingerüst aufweist und deren Plasma sich lebhaft färbt. Ihre Form ist verschieden; sie nähern sich im Charakter den spätern Zellen der Bindesubstanz und sind offenbar gegenüber den Zellen mit reichem Dottermaterial, die vorgeschrittenern, wie manche Übergänge zeigen.

Diese letzteren zwei Zellsorten glaube ich auch in den von Metschnikoff bei Halisarca (25 p. 354) beschriebenen „Rosettenzellen“ einerseits und „feinkörnigen Elementen“ andrerseits wiederzuerkennen. Deren Verhalten gegen Reagentien, sowie die Thatsache, dass im Laufe der Entwickelung die ersteren immer weniger werden gegen die letzteren (p. 357), rechtfertigt diesen Schluss. Ein drittes Mesodermelement der Spongilla, was bei Halisarca ja nicht vorhanden ist, sind die skeletbildenden Zellen, die in ihrem Innern die Spicula bilden. Ich kann dem hierüber bereits Bekannten nichts neues hinzufügen. Auch die knorrige Form der Nadeln ist von Lieberkühn u. A. beschrieben.

Alle diese Differenzierungen lassen sich aber nur mit Hilfe der oben erwähnten Doppelfärbungen erkennen, bei einfacher Anwendung von Boraxcarmin, das auch

die Dotterkörner rot färbt, erscheint davon nichts deutliches. Es erklären sich hieraus, wie schon Fiedler nachgewiesen (6 p. 30) hat, nicht nur Göttes Darstellung von der Nichtzelligkeit des Spongilleneies, sondern auch seine Beschreibung des Entstehens der Geisselkammern. Diese sollen sich direkt durch Knospung aus je einer dotterreichen Zelle bilden (p. 17), wobei sich einfach die Dotterkörner in Kerne umwandeln. Wie eine solche Verwechselung möglich ist, zeigt ein doppeltgefärbtes Bild, wo eine solche Zelle neben einer wirklichen Geisselkammer liegt, mit der sie auch in Grösse übereinstimmt. Man braucht sich nur zu denken, wie das, was hier durch die Anilinfarbe blau erscheint, bei einfacher Carminfärbung sich ebenfalls rot darstellen würde, um zwei sehr ähnliche Zellbilder zu erhalten.

In Wirklichkeit entstehen die Geisselkammern durch eine weitere Differenzierung der Höhlenauskleidung, indem einzelne Zellen sich strangartig verlängern, andere aber sich gruppenweise anhäufen, besonders in kleinen Einbuchtungen. Stränge von solch langgestreckten Wandungszellen der Höhle ragen oft in die mittlere Masse hinein und zeigen an ihrem Grund die Kammeranlage. Nicht verschweigen kann ich allerdings, dass ich auch solche Bildungen ohne Verbindung mit der Höhle gesehen habe; doch werde ich bei der Besprechung des Canalsystems in der freischwärmenden Larve noch darauf zurückkommen. Auch die mittlere Gewebsschicht ist während dessen in ihrer Entwickelung fortgeschritten. Die dotterreichen Zellen haben sich an Zahl sehr vermindert, die Dotterkörner selbst sind kleiner geworden und zeigen eine unregelmässigere Form. Bei sehr starker Vergrösserung zeigt auch ihre Struktur bedeutsame Veränderungen. Während die färbbare Substanz ursprünglich in einem feinen Netzwerk angeordnet war, erscheint sie später mehr in Bändern gleich einem

Vorticellenkern und schliesslich in mehr unregelmässigen Anhäufungen. Auch ist schon die Gallertsubstanz vorhanden, und es sind einzelne Zellen in charakteristischer Gestalt darin zu finden. Es scheint mir, als ob die erste Entstehung dieser Grundsubstanz (wie bei den Nadeln) intracellulär geschehe; wenigstens lassen kleinere und grössere Vacuolen in den embryonalen Mesodermzellen dies vermuten. Ich bin jedoch zu keinen sicheren Ergebnissen hierüber gelangt. Einzelne Spicula sind mittlerweile sehr gross geworden, zeigen aber immer nur eine anliegende Zelle. Die Zellen des Ectoderms haben sich ebenfalls weiter verändert, sind ganz hoch cylindrisch geworden und haben schliesslich Wimpern bekommen. In solchem Zustand, also mit drei differenten Gewebsschichten, schwärmen die Larven aus.

Betonen möchte ich noch einmal die Gleichzeitigkeit der Differenzierung. In demselben Grade wie sich die peripheren Zellen von dem ursprünglichen Blastomerencharakter entfernen und ihr Dottermaterial verarbeiten, ist dies auch bei den innenliegenden der Fall. Wenn die äussere Zellschicht ihren definitiven Charakter erreicht und ihre Wimpern zum Ausschlüpfen und Schwärmen gebildet hat, ist auch ein entwickeltes Canalsystem vorhanden, und nur die mittlere Schicht enthält dann noch einiges Dottermaterial. Götte hat dies offenbar auch gesehen (p. 6), will aber dennoch als den normalen Fall den ansehen, dass bei der ausschwärmenden Larve das Ectoderm vollständig entwickelt ist, während „das Entoderm in seiner Hauptmasse aus grösseren und kleineren, lockergefügten Zellen von rundlicher Form und indifferenter Textur besteht.“ Ich habe ein solches Verhalten niemals gefunden, sondern stets feststellen können, dass die Differenzierung innen und aussen gleichen Schritt hält. Ich glaube deshalb auch nicht, dass „eine bestimmte Regel über die

Reihenfolge der verschiedenen Entwickelungserscheinungen und ihre Verbindung mit den verschiedenen biologischen Zuständen (im Follikel eingeschlossene, schwärmende, angeheftete Larven) bei Spongilla durchaus vermisst wird.“ (Götte ebenda.) Vielmehr scheint mir das Verhalten des Süsswasserschwamms so zu erklären, dass eben der Hauptteil der Entwickelung in den mütterlichen Körper zurückverlegt ist, und das Larvenleben und seine Aufgaben dementsprechend beschränkt sind. Ähnlich scheint es bei Chalinula (14 p. 336—8) zu sein, und wenn wir dagegen bei anderen Schwämmen finden, dass im Mutterschwamm nur die ersten Anfänge der Entwickelung liegen (Oscarella, Placina), so haben wir in diesem biologischen Unterschied nur eine Erscheinung, die in allen Tiergruppen vorkommt, und die zur Erklärung der teilweise recht verschiedenen Entwicklung bei den einzelnen Formen ein und derselben Gruppe verwandt worden ist.

Die freischwärmende Larve.

Da die Embryonen bisher von einem Follikel von Mesodermzellen umschlossen wurden, so muss bei ihrem Freiwerden notwendig eine Schädigung des mütterlichen Gewebes erfolgen. Dass diese soweit geht, den Untergang des betreffenden Schwamms herbeizuführen, ist nicht wohl anzunehmen, nachdem es Weltner gelungen ist, Schwammstücke, die reichlich Larven entsendet, im Aquarium zu überwintern (42 p. 21). Da man die zuletzt beschriebenen Entwickelungsstadien auch in dem Kanalsystem antrifft, so ist vielmehr zu vermuten, dass die Larven nach Durchbrechung des Follikels in die ausführenden Gänge und von da ins freie Wasser gelangen.

Die Bewegungen der freischwärmenden Larve sind ausserordentlich lebhaft. Es gewährt ein interessantes

Schauspiel, sie mit dem Horizontalmikroskop zu verfolgen. Doch hat schon Lieberkühn eine so anschauliche und richtige Beschreibung gegeben (16 p. 13), dass derselben kaum etwas hinzuzufügen ist. Wenn er u. A. sagt: „sie schwimmen in geraden Linien, öfters drehen sie sich im Kreise herum", so ist damit die von allen Schwammlarven bekannte Bewegung in Schraubenlinien charakterisiert. Der Pol der Höhle ist dabei meist nach vorn gerichtet und erscheint durchscheinend und wasserhell, der Pol der compakteren Gewebsmasse nach hinten und erscheint weisslich, was die Auffindung der Larven erleichtert. Auch die Lieberkühnsche Abbildung (17 Fig. XV) scheint mir auf diese Schwimmrichtung hinzuweisen, indem der Pol der Höhle eine schopfartige Anordnung der Geisseln, der andere eine angedrückte Lage derselben zeigt, wie sie beim entsprechenden Schwimmen notwendig eintritt. Dass „die Larven im Wasser schweben immer mit aufwärts gekehrtem Scheitelpol, was sich einfach daraus erklärt, dass unmittelbar unter ihm sich die grosse Entodermhöhle und in der unteren Hälfte der schwere Entodermkern befindet" (Götte), scheint mir demnach ein pathologisches Verhalten zu sein. Ich habe, wo ich das Einzelindividuum bis zum Festsetzen und weiter hinaus verfolgen konnte, immer ein aktives Schwimmen mit Hilfe der Wimpern beobachtet und ein passives Schweben nur einmal bei Larven in einem und demselben Zuchtaquarium gesehen. Diese Larven zeigten ein geplatztes Ectoderm und setzten sich, wie ich mich an eingehängten Deckgläsern überzeugen konnte, niemals an. Auch konnte ich nicht finden, dass die munter schwärmenden Larven an Blättern oder in Ritzen hängen blieben, im Gegenteil sah ich sie stets aus dem oft recht dichten Gewirr der Wasserpflanzen sich wieder herauswinden. Bestätigen kann ich dagegen ihre ausserordentliche Lichtscheu, die sie

an den dunkleren Stellen des Aquariums zusammendrängt und die um so auffallender ist, als sich hier nicht wie bei Haliscarca, Oscarella u. A. Pigmente finden. Man mus die Aquarien deshalb dunkel halten und auch bei der direkten Beobachtung im durchfallenden Licht öfters abblenden. Sonst kann es passieren, dass eine Larve, die man schon mit dem Horizontalmikroskop eingestellt hatte, sich von ihrem Festheftungsort wieder loslöst, beunruhigt durch die hellen Lichtstrahlen, und langsam weiterschwimmt.

Die Ectodermzellen lassen sich schon im lebenden Zustande sehr gut einzeln erkennen, ihr Plasma ist feinkörnig, der Kern länglich und scheint heller. Die Geisseln erscheinen als dichter Pelz und sind wegen ihrer schnellen Bewegungen und ihrer dichten Stellung, die durch die Schmalheit der Ectodermzellen bedingt ist, nicht genauer und einzeln wahrzunehmen. Dagegen ist dies am Zupfpräparat sowohl vom lebenden als von mit Sublimat gehärtetem Material sehr gut möglich: die Geissel ist etwa 2—3mal so lang, wie die zugehörige Zelle; sehr fein in ihrem schwingenden Teil, schwillt sie an ihrem Ursprung plötzlich sehr stark an und kann noch innerhalb der Ectodermzelle als ein Strang hyalinen Plasmas bis gegen den Kern hin verfolgt werden, ein Verhalten, wie es bei Flagellaten und auch bei Geisselzellen höherer Tiere des öfteren beschrieben worden ist (vgl. Heider Oscarella 13 p. 16—20). An Oberflächenbildern von Ectodermstückchen sieht man den polygonalen Umriss der Zellen auch ohne Reagentien und bemerkt, dass der Kern fast den ganzen Querschnitt ausfüllt. Feine Schnittpräparate, die durch die freischwärmende Larve gefertigt sind, zeigen, dass die Ectodermzellen wohl im allgemeinen gleichmässig nebeneinander und radiär zum Larvenumriss stehen, dass aber einzelne sich von unten dazwischen drängen, andere sich

gegen die mittlere Schicht hin ausfasern, sodass eine scharfe Abgrenzung vom unterliegenden Gewebe nicht möglich ist.

Durch Zerzupfen lassen sich auch dessen Elemente gut sondern; die oben beschriebenen amöboiden Zellen kriechen auf dem Objektträger weiter, während die mit Dotter beladenen, die gewöhnlichen Mesodermzellen und Nadelbildner sich passiv verhalten. Die Spicula haben an Zahl sehr zugenommen, liegen aber stets nur in der dichten Masse, die den hinteren Pol ausfüllt, so dass man den Eindruck gewinnt, als sei die Larve am vorderen Pol nur zweischichtig. Ihre Grösse ist oft so bedeutend, dass man sich wundern muss, wie sie die Larve nicht am Schwimmen stören. Da ich noch solche von fast $^1/_2$ mm fand, die nur einen anliegenden Silicoblastkern zeigten, die Nadeln des erwachsenen Schwamms aber eine bestimmte Grösse nicht überschreiten (vgl. 17), so glaube ich, dass die ganze Dauer des Wachstums nur eine einzige Zelle in Anspruch nimmt, um so mehr als ich nie Nadeln mit epithelartig anliegenden Zellen gesehen habe. Wo die grossen Nadeln bis an die Peripherie ragen, zerreissen sie das Ectoderm nicht, sondern treiben es etwas vor sich her. Es kommen sogar Fälle vor, wo der ovale Umriss der Larve durch besonders weit hinausragende Nadeln ganz gestört wird, und sogar dann zeigen diese noch bis zu ihrer Spitze das Ectoderm als feine Haut mit deutlichen Kernen. Ich will nicht zu erwähnen vergessen, dass ich im Mesoderm mancher Larven auch die sog. grünen Körper fand und in manchen derselben auch eine deutliche Tetradenbildung sah (vgl. Hamann, 12). Die betreffenden Individuen schienen aber sonst vollkommen normal und in ihrer Entwicklung nicht gehemmt. Die ganze Mesodermmasse ist bei der freischwärmenden Larve

weniger compakt, weil sie von Hohlräumen durchsetzt ist, die von Divertikeln der grossen Höhle herrühren.

Deren Auskleidung bildet die dritte der an der Larve zu unterscheidenden Gewebsschichten und weist ebenfalls sehr charakteristische Zellformen auf. Zunächst epithelartig aneinandergefügte, sehr langgestreckte Zellen, die von der Fläche aus spindelförmig sich darstellen, von der Kante aber sehr schmal aussehen, so dass beim optischen Schnitt der Kern ganz heraustritt. Ausserdem fallen Gruppen von sehr kleinen Zellen mit stark tingierbaren Kernen auf, manchmal direkt an der Höhle, manchmal weiter im Innern, die Geisselkammern. Dass es schon wirkliche Kammern sind, zeigen Schnitte, bei denen entweder das meist kreisförmige Lumen oder das Aufsichtsbild zur Ansicht kommt. An Isolierpräparaten kann man auch stets den Kragen als auffallend breiten, hellen Saum, weniger deutlich und nicht immer die Geissel der einzelnen Zelle nachweisen.

Über die Configuration der Höhle und ihre Beziehung zu den Geweben der Larve geben Totalpräparate bei verschiedener Einstellung, genauer aber Schnittserien, sowohl längs, wie quer, wie schief geführte, Auskunft. Es zeigt sich dabei, dass die Höhle doch stets nur einen beschränkten Teil der Larve einnimmt; denn wo ein einzelner Schnitt etwa den Hohlraum gegen die Gewebsschichten sehr überwiegend zeigt, lehrt die Vergleichung der ganzen Serie, dass dies an der Richtung des Schnittes gelegen war. Der Querschnitt der Höhle ist stets rund, der Längsschnitt ein $^3/_4$ mondförmiger, dadurch, dass sich die mittlere Gewebsmasse etwas vorwölbt. Oft führen Gänge von der Höhle aus ins Innere; manchmal sind diese sehr weit zu verfolgen, öfters gehen sie bis zu Geisselkammern. Solche Gänge im Innern können auch ohne Verbindung mit der Höhle erscheinen, und natürlich kann man nicht auf jedem Schnitt das

schematische Verhalten bekommen: Höhle mit Divertikel, der in die Geisselkammer führt. Wenn man aber in einigen Fällen die Höhle mit nahe ansitzender Kammer, in andern die Höhle mit lang ausgezogenen Divertikeln, in wieder anderen Fällen solche Divertikel mit Kammern sieht, so ist die naheliegende Combination um so eher gestattet, als auch das construierte Verhalten öfters im Bilde erscheint.

Die freischwärmende Larve kommt nach alle dem in vielen Beziehungen dem ausgebildeten Schwamm sehr nahe. Die Gewebe sind sehr differenziert und namentlich ist das Canalsystem schon vorgebildet. Dessen Verbindungen mit der Aussenwelt sind aber noch nicht hergestellt, also die in die Kammern einführenden Pori, und das von den Ausführgängen ausführende Osculum. Diese Bildungen können nur durch Durchbrechen des Ectoderms zu Stande kommen, und dessen Veränderungen bilden den wichtigsten Gegenstand der Metamorphose.

Festsetzen und Metamorphose.

Während der ganzen Zeit des freien Schwärmens hat die Larve ihre äussere Gestalt unverändert erhalten. Einzelne Ausnahmen, die unter der grossen Menge des beobachteten Materials vorkommen, wie sehr langgestreckte oder wurstförmig gekrümmte konnte ich mit Sicherheit als Missbildungen ansprechen, und auch die wenigen Fälle von vorübergehenden Einstülpungen, die mir zu Gesicht kamen, halte ich für bedeutungslos. (Vgl. hierüber Marshall 24 p. 226, Schulze 31 p. 266.) Die Zeit des Larvenlebens scheint mir kurz bemessen zu sein: in einer Anzahl von Fällen konnte ich nachweisen, dass das Festsetzen vor Ablauf von 12 Stunden erfolgte, die Zeit von 24 Stunden schien mir nie überschritten zu werden[2]).

[2]) Nach Barrois' anschaulicher Darstellung soll eine schnelle Entwickelung das beste Kriterium für normale Verhältnisse sein. Andern-

Das Horizontalmikroskop ist zur Beobachtung gerade der Metamorphose vorzüglich geeignet; ich glaube auf diese Untersuchungsmethode aus den eingangs erwähnten Gründen besonderen Nachdruck legen zu dürfen. Die erste Anheftung erfolgt, wie auch Götte festgestellt hat, am Pol der Höhle (der [s. o.] beim Schwimmen nach vorn gerichtet ist). Wenn das Festsetzen an den Wasserpflanzen des Deckglasaquariums geschah, so konnte man dem Vorgang von der Seite folgen, allerdings wegen der trennenden Wassermenge nur mit schwächeren Vergrösserungen; doch gewahrt man, wie sofort die Höhle kleiner wird, dadurch, dass die über ihr befindliche schon im Larvenleben vorgewölbte Gewebsmasse sich noch mehr senkt. Noch günstiger gestalten sich für die Beobachtung die Fälle, wo sich die Larve direkt an die Deckglaswand ansetzte und sich so geradezu der Betrachtung hingab. Man sieht dabei auf die entstehende Ansatzbasis und bemerkt, wie bald hier, bald dort eine Welle über die Contour des lebhaft flimmernden Ectoderms hinläuft. Diese Wellen werden immer ausgesprochener und schärfer, bis zuletzt die ganze Peripherie nicht mehr kreisförmig ist, sondern lauter grössere und kleinere Buckel zeigt. Auch körperlich treten diese, wenn man abblendet, durch die Schattierung gut hervor, und Dauerpräparate lassen dies Verhalten noch besser erkennen, wenn man genau diesen Moment bei der Conservierung getroffen hat. Das Tier selbst wird dadurch flacher und nähert sich mehr der Mützenform, wie sie von fast allen Schwämmen beschrieben wird, die Höhle wird noch mehr ausgeglichen und erscheint von der Seite als ein halbmondförmiger hellerer Spalt im dunkeln übrigen Gewebe.

falls halten sich die Larven vielleicht lange in den Aquarien, zeigen aber dann viele Anomalien, „des bouches, des invaginations, des replis“ und gelangen nicht zur Metamorphose.

Durch diese Wellenbildung am Ectoderm, die wie es scheint dazu beiträgt, den Schwamm aus der ovalen Larvenform in eine flache Kruste zu verwandeln, ist eine starke Oberflächenvergrösserung bedingt; diese kann aber nur statthaben durch Breiterwerden der Ectodermzellen. In der That kann man diesen Vorgang am lebenden Individuum aufs genaueste beobachten, da die Randpartieen durchsichtig sind und sich noch mit starken Vergrösserungen (Zeiss E. u. F.) betrachten lassen. Die hochcylindrischen Ectodermzellen werden zunächst mehr kubisch (in den Wellenthälern bleibt das ursprüngliche Verhältnis am längsten erhalten) dann immer flacher, bis ihre grösste Erstreckung nicht mehr radiär, sondern tangential zur Oberfläche liegt. Die Zellgrenzen sind noch deutlich zu erkennen; auch die Kerne sind als hellere Bläschen wahrnehmbar und zwar haben auch sie den Process mitgemacht und sind nicht mehr länglich, sondern rund. Die Streckung geht indess immer weiter, die Ansatzbasis wird dadurch mehr und mehr verbreitert und das ganze Individuum sehr flach. Die Ectodermzellen sind dabei flachgestreckt, aber bald nicht mehr einzeln zu erkennen, indem ihre Grenzen und Kerne sich verwischt haben[3]).

Einen sehr anschaulichen Beleg für das Breiterwerden der Zellen bietet das Verhalten der Geisseln. Während diese bei der frei schwärmenden und der sich

[3]) Ich glaube nicht, dass man in diesem letzteren Umstand eine Atrophie sehen darf, wie Götte, der das Plattwerden ebenfalls zu Gesicht bekommen hat (p. 12), es aber als Schwund deutet, in den Fällen, wo kein „Abplatzen" des Ectoderm stattfinde. Giebt es doch im Tierreich jedenfalls mehr Beispiele, wo sich am lebenden Gewebe die Kerne und Zellgrenzen nicht zeigen, wie für das Gegenteil. Dass übrigens die erwähnten Stadien am tingierten Präparat ihre Zusammensetzung aus einzelnen kernhaltigen Zellen wieder sehr deutlich erkennen lassen, darauf werde ich noch später zu kommen haben.

ansetzenden Larve nicht einzeln zu erkennen sind, weil jede an einer sehr schmalen Ectodermzelle steht, und ihre Stellung demnach sehr dicht ist, rücken sie während der eben beschriebenen Entwicklungsvorgänge zusehends mehr und mehr auseinander, bis sie zuletzt in grossen Zwischenräumen stehen, nur noch vereinzelt und schwach schlagen und endlich ganz eingehen.

Die eben beschriebenen Vorgänge vollziehen sich sehr schnell, vom Festsetzen bis zu diesem Stadium vergeht etwa $^1/_2$—$^3/_4$ Stunde. Von da an werden aber grössere Zeiträume für die Veränderungen gebraucht, und bis zum Stadium des wirklichen, wenn auch noch so kleinen Schwammkörpers vergehen oft mehr wie 24 Stunden.

Das Ectoderm, das jetzt als eine feine wellige Haut den Körper des Schwamms umgiebt, zeigt mit einem Mal eine sehr merkwürdige Veränderung. Es verliert an einzelnen Stellen seinen scharfen, welligen Umriss, und man gewinnt bei schwächerer Vergrösserung den Eindruck, als sei hier ein Riss erfolgt, durch den die anliegenden Gewebsmassen langsam austreten. Sobald es aber gelingt, starke Vergrösserungen genau einzustellen, wird man gewahr, dass das Ectoderm an den scheinbar durchbrochenen Stellen sich zu einer äusserst dünnen, ganz hyalinen Schicht ausgebreitet hat, die mit den scheinbar ganz gebliebenen, also noch nicht flach ausgebreiteten Stellen in continuierlichem Zusammenhang steht. Von dieser hyalinen Schicht gehen pseudopodienartige Fortsätze aus, bald lange und spitze, bald breitere und lappige, die sich in ihrem Äussern und ihren Bewegungen genau verhalten wie die der Amöben. Zuerst erscheinen solche hyaline Ausbreitungen nur an einzelnen begrenzten Stellen, und es kann auf diese Weise vorkommen, da ja alle Veränderungen nicht gleichzeitig auf der ganzen Peripherie eintreten, dass die eine Stelle

z. B. noch flimmert, während die andere schon Pseudopodien entsendet. Auf die eigentümlichen Bilder, die in solchen Fällen an Dauerpräparaten erscheinen, werde ich noch unten eingehen. Nach und nach aber pflanzt sich das Spiel der Pseudopodien auf der ganzen Peripherie fort, sodass schliesslich der opake Schwammkörper von einem hellen Hof umgeben ist, der seine Form beständig wechselt. Es gewährt ein interessantes Schauspiel, diesen Vorgängen mit dem Horizontalmikroskop zu folgen. Ein hyaliner Fortsatz bricht aus, weit über das übrige Gewebe hinausragend. Dieses strömt langsam nach und gleicht ihn dadurch etwas aus. Die Pseudopodienstelle wird dadurch breiter und tritt dann eventuell mit benachbarten Fortsätzen in Verbindung. Eine kurze Ruhepause folgt, dann brechen wieder neue Fortsätze aus, bis endlich die ganze Peripherie in gleicher amöboider Bewegung sich befindet. Da das Nachströmen der anderen Gewebsmassen zuerst sehr allmählich erfolgt, so ist auch bei der Oberflächenansicht eines solchen jungen Schwamms eine scharfe Grenze zwischen dem eigentlichen Schwammkörper und seinen hellen Ausstrahlungen zu sehen. Diese sind aber so zart und durchsichtig, dass sie nach aussen, gegen die Glasplatte zu, fast verschwimmen. Sehr schöne Bilder aber geben diese Stadien an Dauerpräparaten, die ausserordentlich leicht herzustellen sind. Man braucht nur die in den Zuchtaquarien eingehängten Deckgläser sammt den angesetzten Larven in Höllensteinlösung zu werfen, um alsbald das bekannte charakteristische Bild zu erhalten. Der amöboide Hof erweist sich dabei als ein Teil des den ganzen Schwamm umziehenden continuierlichen Plattenepithels; und wenn auch manche Zellen durch die amöboiden Bewegungen sehr weit vorgestreckt sind, so ist doch ihr Zusammenhang mit dem übrigen Epithel stets zu erkennen. Noch instructiver werden diese Prä-

parate, wenn man sie weiter behandelt, färbt und in Canadabalsam zwischen zwei Deckgläser bringt, so dass man die Ansicht von oben und unten vergleichen kann. Man bemerkt dabei, dass die Unterseite völlig plan ist und nur ihre Randpartieen zu jenen amöboiden Bewegungen verwandt sind, während der übrige Teil sich als ein gewöhnliches Epithel von polygonalen Plattenzellen mit runden Kernen darstellt. Die Oberseite lässt dagegen eine am Rande schwächere, in der Mitte stärkere Wölbung erkennen. Wenn man dieser Wölbung mit der Mikrometerschraube des Mikroskops nachgeht, so kann man ebenfalls die Continuität der Ectodermlagers constatieren, indem bei jeder Einstellung ein andrer Kreis von Ectodermzellen auftritt, die gerade im optischen Schnitt getroffen sind, und indem diese Randkreise von innen nach aussen vorrücken, wenn man von hoher zu tiefer Einstellung weitergeht.

Die amöboiden Bewegungen geschehen nach Götte durch einzelne Entodermzellen, indem auf diesem Stadium das Ectoderm bereits abgeworfen ist. Abgesehen von meiner obigen Darstellung scheint mir auch aus rein mechanischen Gründen dies schwer haltbar; ausserdem ist ein solches Amöboidwerden von Ectodermzellen auch von einer Reihe anderer Schwämme unzweideutig beschrieben. So vor allem von F. E. Schulze bei der Metamorphose von Sycandra raphanus (31 p. 268 u. Fig. 9 u. 11), von Keller bei Chalinula fertilis (14 p. 339 u. Fig. 19 u. 21), und ich glaube, dass auch das von Marshall bei Reniera beschriebene Durchbrechen des Coenoblastems (24 p. 227) nur scheinbar und in Wirklichkeit ebenso wie hier zu erklären ist. Wenigstens legen seine Figuren 7 und 15 diese Vermutung sehr nahe. Überhaupt scheint bei den Schwämmen die Fähigkeit der amöboiden Bewegung auch für die Ectodermzellen sehr weitgehend zu sein. F. E. Schulze giebt an, dass bei

Sycandra eventuell auch die andern Ectodermzellen der Larve, nicht nur die an der Ansatzbasis befindlichen Fortsätze aussenden können, Keller konstatiert dies Verhalten noch für einen wirklichen jungen Schwamm bei Chalinula, und bei der ganz ausgewachsenen Spongille hat Weltner dies ebenfalls gesehen[4]).

Die hyalinen Ausbreitungen dienen jedenfalls zur Vergrösserung der Ansatzbasis und zum Festheften der Larve, wie dies auch sämtliche Autoren annehmen, und wie es sich für Spongilla aufs Neue bestätigt.

Das Spiel der Pseudopodien ist zunächst sehr lebhaft, es dauert aber ziemlich lange und verlangsamt sich dann nach und nach. Die amöboiden Umrisse werden zu festen Contouren, und indem die Elemente des übrigen Schwammkörpers, die Mesodermzellen, Nadeln u. s. w. gegen die Peripherie nachzurücken scheinen, wird der vorher bestehende Unterschied zwischen hellem Hof und eigentlichem Schwammkörper ausgeglichen. Das ist in den günstigsten Fällen nach 24—36 Stunden der Fall, manchmal tritt jedoch dieses Stadium viel später ein (vgl. die obige Bemerkung von Barrois).

Das Verhalten der Nadeln ist das gleiche wie bei der Larve, sie durchbohren nicht das Ectoderm, im Gegenteil lässt sich erkennen, dass dasselbe über sie geradezu gespannt ist, sowohl im frischen Zustande wie am Dauerpräparat. Die scharfen Linien des Ectoderms erweisen sich hervorgebracht durch die epitheliale Anordnung seiner Plattenzellen, die sich mit ihren Kernen oft noch bis gegen die Spitze der Nadeln erkennen lassen; und selbst wenn diese recht weit hinausragen, tritt keine Durchbohrung ein. Während dieser Zeit

[4]) Seine diesbezüglichen Mitteilungen sind einstweilen nur mündlich.

treten auch die Ein- und Ausströmungsöffnungen auf. Bezüglich der ersteren konnte ich öfters wahrnehmen, wie zwischen einzelnen Zellen plötzlich eine Lücke entstand, nicht dadurch, dass sie auseinander wichen, sondern, nachdem sie sich nach innen umzukrümmen schienen und so eine Art Trichter herstellten, dessen Hohlraum durch tiefere Einstellung etwas mehr nach innen verfolgt werden konnte. Das Durchbrechen des Osculum habe ich leider nicht direkt beobachten können; dagegen sah ich die gebildeten Oscula häufig an Exemplaren im Deckglasaquarium und konnte das Austreten eines Wasserstromes an kleinen Partikelchen von hineingeworfenem Detritus feststellen. Derartige Entwicklungen habe ich nicht einige, sondern viele Male beobachtet und niemals die geringste Abweichung von dem geschilderten Verlauf gefunden. Ich habe auch, da mir eine Anzahl von Deckglasaquarien zur Verfügung standen, die bis hierher verfolgten Schwämme weiter controliert, das Entstehen neuer Nadeln und deren Anordnung zu den für die Species charakteristischen Zügen verzeichnen können und den ganzen Schwammkörper an Umfang zunehmen sehen. Ich glaube daher, dass die vorstehend beschriebene Entwicklung die durchaus normale ist.

Es erübrigt noch auf eine Reihe von Bildern einzugehen, die ein Platzen des Ectoderms vortäuschen können. Wirklich sind die Larven so ausserordentlich zart und empfindlich, dass bei allen möglichen Gelegenheiten der Conservierung und Härtung das Ectoderm sehr leicht, manchmal in kleineren, manchmal in grösseren Fetzen abplatzt. Besonders bei der Übertragung von Wasser in schwachen Alkohol kann dies vorkommen, und ich habe anfangs zu öfteren Malen Bilder von Larven erhalten, die den Götteschen Figuren No. 10, 11 und 12 täuschend ähnlich waren, die ich aber in

frischem Zustand mit ganz intaktem Ectoderm gesehen hatte. Ich habe daraufhin das, was mir nur zufällig begegnet war, mit Absicht nachzuahmen gesucht und konnte, so oft ich wollte, derartige Bilder künstlich erzeugen. Ein Aussehen, wie Göttes Figur 11 zeigt, wo das Ectoderm in einigen grossen Fetzen absteht, erhält man z. B. mit Sicherheit, wenn man eine Larve, die alle vorhergehenden Processe ohne Schädigung durchgemacht hat, in dünnflüssigen Canadabalsam bringt. Die Ähnlichkeit des Bildes, das man nach dem Austrocknen in sehr kurzer Zeit erhält, ist frappant. Auch genügt es z. B. eine Larve mit dem Glasrohr aus dem Aquarium zu entnehmen und sie dann wieder in dasselbe hineinfallen zu lassen, um eine Schädigung des Ectoderms herbeizuführen.

Anders giebt sich die Erklärung von Bildern, wie Göttes Figur 23, wo stehengebliebene Reste von cylindrischen Ectodermzellen auf dem unterliegenden Gewebe zu erkennen sein sollen. Es sind dies nach meiner Erfahrung in Wirklichkeit Stellen, wo das Ectoderm sich noch nicht verflacht hat, etwas in der Entwickelung zurückgeblieben ist, die aber mit den übrigen platten Zellen in epithelialem Zusammenhang stehen. Wie ich am lebenden Objekt gesehen habe, brauchen ja die Veränderungen am Ectoderm nicht an allen Punkten gleichzeitig zu erfolgen (vgl. o.); eine Stelle kann noch flimmern, während die andere schon platt oder amöboid ist. Bei der Fixierung ergeben sich dann diese eigentümlichen Bilder. Am Präparat zwischen zwei Deckgläsern kann man die Verbindung solcher scheinbaren Ectodermfetzen mit dem gesamten übrigen Epithel sehr schön sehen, wenn man der Oberfläche mit genauer Einstellung nachgeht (vgl. oben p. 29). Auch habe ich mitunter Schnitte erhalten, die an ihrer

Peripherie alle möglichen Übergänge vom kubischen bis zum gestreckten Epithel aufwiesen.

Wenn das Ectoderm bei der Metamorphose verloren ginge, und das künftige Epithel aus dem Entoderm enstünde „durch Anpassung an die neuentstandene freie Fläche“ (Götte 10 p. 44), so wäre es nicht möglich, ein so schönes, ausgesprochenes Epithel auch an der Unterlage des Schwammes zu finden, wie dies jedesmal der Fall ist. Namentlich tritt dies auch an Exemplaren, die sich an Elodeablättern angesetzt haben, und die dann die von Götte erwähnte gekrümmte Basalfläche haben (10 p. 11) gut hervor, indem sich die hellrosa gefärbten Zellen von dem trotz Alkohol immer noch blass grünlichen Blatt abheben.

„Die Macerierung trächtiger Spongillen mit 20 %. Salpetersäure“, die Götte angewandt hat, um nachzuweisen, dass die Larven mitunter schon im mütterlichen Körper ihr Ectoderm abwerfen, dürfte kaum ein geeignetes Mittel sein, um über eine histologische Struktur Aufschluss zu erhalten.

Ausser diesen zwei Beweisen für die Continuität des Ectoderms, erstens der direkten Beobachtung am lebenden, zweitens des Nachweises, dass die Götteschen Bilder künstlich erzeugt werden können, giebt es noch einen dritten: das Verhalten des Ectoderms auf Schnittserien, die man durch die freischwärmende, eben angesetzte Larve, den jungen und den tagealten Schwamm anfertigt. Wenn man sich erinnert, wie schnell die ersten Veränderungen der Metamorphose vor sich gehen, wird man einsehen, dass es nötig ist, eine ausserordentliche Menge von Larven zu schneiden, um alle Übergänge von hochcylindrischen bis zu Plattenzellen auch an Schnitten zu bekommen. In der That habe ich nur aus einer sehr grossen Auswahl (von auch teilweise gleichen Stadien) die Bilder auslesen können, die ich

zum Vergleich mit den nach dem Leben gezeichneten gebe. Da die betreffenden Larven mit Chromosmiumessigsäure behandelt wurden, so sind die Geisseln nicht mehr zu sehen. (Diese werden besssr mit Sublimat erhalten, doch sind die mit ersterem gefertigten Präparate in Bezug auf Kernstruktur und schöne Abgrenzung der Zellen vorzuziehen.) Auch die Weiterentwickelung der anderen Gewebe und Gewebselemente ist an diesen Schnitten zu verfolgen.

Man sieht an freischwärmenden Larven das ausgesprochene Cylinderepithel, dessen Histologie oben schon beschrieben ist. Zu betonen ist nur, dass nicht alle Zellen cylindrisch sind, sondern dass keilförmige und rundliche Elemente sich dazwischen drängen, so dass vom unterliegenden Gewebe sich selten eine scharfe Abgrenzung markiert. Bei der Wellenbildung im Ectoderm tritt zunächst in den Wellenbergen eine geringe Abflachung seiner Zellen ein, in den Wellenthälern hält sich die cylindrische Form noch länger. Das folgende Stadium zeigt ein ausgesprochen kubisches Epithel mit runden Kernen. Der darauffolgende Schnitt ist durch eine Larve mit beginnender Pseudopodienausstrahlung geführt und zeigt ausser diesen auch noch kubische und gestreckte Zellen. Auf diesem Stadium erweisen sich diese Entodermzellen schon durch ihre Tinctionsfähigkeit von dem übrigen Zellenmaterial verschieden, sie sind heller und gleichmässig rosa, manchmal noch blasser gefärbt, wie die im Innern befindliche Intercellularsubstanz und zeigen einen runden Kern mit unregelmässigen Chromatinanhäufungen. Nach dem Stadium der amöboiden Bewegungen scheinen die Ectodermzellen in ihrem Abflachungsprocess noch weiter fortzuschreiten — es ist dies auch der Moment, wo sie mit den Geisselkammern in Verbindung treten —; endlich werden sie durch das Weiterwachsen des Schwammkörpers ganz

flach. Auch die Kerne sind lang und schmal geworden und wölben das Zellplasma nicht vor, wie dies die Kerne der entodermalen Wandungszellen thun, denen die Ectodermzellen jetzt in manchen Stücken sehr ähnlich sehen[5]).

Auch in dem darunterliegenden Gewebe sind weitere Veränderungen vor sich gegangen. Zunächst fällt, sobald die Ectodermzellen sich abgeflacht haben, unter ihnen die „Basalmembran" („Cutis", Ganin) auf, die sämtliche Autoren an der erwachsenen Spongilla beobachtet haben. Sie ist kaum färbbar und scheint ein Derivat der Gallerte zu sein. Diese selbst nimmt in diesen Anfangsstadien sehr reichlich an Masse zu und ich habe beobachtet, dass die Volumvergrösserung der ganz jungen Schwämme weniger durch Bildung neuen Zellenmaterials, als durch starke Vermehrung der Intercellularsubstanz bedingt ist. (Metschnikoff hat schon bei Halisarca beobachtet [25, p. 357], wie die jungen Schwämme dadurch immer durchsichtiger werden, auch bei Spongilla kann man dies am lebenden Objekt sehen und findet am Schnitt durch Dauerpräparate, dass dieselbe Raumgrösse, die in früheren Stadien dichtgepacktes Zellmaterial und wenig oder keine Zwischensubstanz enthält, in spätern Stadien wenige Zellen und dagegen reichliche Gallerte aufweist.)

Die übrigen schon in der Larve mannigfaltiger Elemente des mittleren Gewebes haben sich weiter entwickelt; auch tritt unter ihnen eine Zellform auf, die in der Larve noch nicht vorhanden war, und die ich für identisch mit den von Fiedler (6 p. 89) beschriebenen „Fresszellen" halte. Sobald Schnitte die abgeflachten

[5]) Vosmaer (40) hat in jüngster Zeit eine Note über die Myxillametamorphose veröffentlicht und sagt u. A.: „I could observe in complete series of sections how the flagellated epithelium step for step changed into the cubic or flat one.

Ectodermzellen aufweisen, zeigen sich im übrigen Gewebe zerstreut, nahe der Oberfläche aber oft sehr zahlreich jene unregelmässig geformten Zellen mit gekörntem Protoplasma, das bei Doppelfärbung äusserst feine blaue Einlagerungen zeigt. Trotzdem diese Zellen von den dotterreichen Elementen der mittleren Schicht unzweifelhaft herstammen, sind doch ihre Einlagerungen nicht auf jene Dotterkörner zurückzuführen, sondern neu erworben; denn es zeigen vorangegangene Stadien alles Dottermaterial bereits aufgebraucht, auch sind die Neueinlagerungen anders strukturiert wie die zerfallenden Dotterkörner (s. o.).

Über die Funktion dieser Zellen etwas auszusagen, überhaupt in der viel umstrittenen Frage, über die Ernährung der Spongien mitzureden, gestatten mir meine geringen, diesbezüglichen Beobachtungen nicht. Nach den neuesten sehr ausführlichen Mitteilungen Lendenfelds (15 p. 673 ff.) wären diese Zellen als Transportzellen der von den Kammerzellen assimilierten Nährstoffe aufzufassen.

Die Weiterentwickelung des Kanalsystems ist, wie oben gezeigt wurde, mit den Vorgängen der Metamorphose eng verknüpft. Durch die Abflachung und Ausbreitung des Larvenkörpers zum Schwamm kommen die Geisselkammern, die ja schon vorhanden sind und oft sehr dicht im Kern der Larve liegen, der Oberfläche immer näher, und es tritt schliesslich eine Durchbrechung ein. Schnitte zeigen dann die Ectodermzellen gegen die Geisselkammern eingeschlagen, und man könnte sich in der That, besonders wenn man sich der Beobachtung am lebenden erinnert, vorstellen, dass der durch die Geisseln erzeugte Wasserstrom dies bewirke. Wie F. E. Schulze in seiner Arbeit über Plakina (35 p. 420) vermutet, würde dann der von immer mehr Kammern kommende Strom das Durchbrechen eines Osculums

zur Folge haben. Meine Bilder bei Spongilla, wo das ausführende System um diese Zeit ein oder mehrere Oscula an ganz beliebigen Stellen bildet, sprechen gleichfalls dafür.

In Bezug auf die Entstehung dieses ausführenden Systems, kann ich die Darstellung Ganins, wonach sich dasselbe von der Höhle der Larve ableitet, nur bestätigen. Schon an der lebenden festgesetzten Larve kann man sehen, wie die Höhle mehr verstreicht und ihr Lumen in das dichtere Gewebe, das sich über sie senkt, in Gangform hineinsendet. An Schnitten durch die verschiedenen Stadien, kann man deutlich die Übergänge der stets enger werdenden Höhle bis zum Durchbrechen einer spaltförmigen Lakune nachweisen. An Längsschnitten tritt nach der halbmondförmigen Gestalt zunächst eine $^3/_4$ mond- und dann eine sichelförmige auf. Erst nachher wird das Egestionssystem wieder weiter und vergrössert sich entsprechend dem Wachstum des ganzen Schwamms.

Hiermit ist im wesentlichen das Charakteristische des Schwammbaues vollendet: Der Wasserstrom tritt von aussen durch Öffnungen im Ectoderm zu den Geisselkammern und gelangt durch abführende Gänge zum Osculum hinaus. Zwischen den beiden Epithelien liegt ein gallertiges Gewebe mit Zellen und Zellprodukten (Nadeln). Die nachfolgenden Veränderungen beruhen wohl hauptsächlich auf Wachstumsdifferenzen. So werden sich durch stärkeres Wachsen der oberflächlichen Schichten die ectodermalen Zugänge zu den Geisselkammern zu Subdermalräumen ausziehen, an denen dann die Kammern direkt sitzen. In der That kann man beim jungen Schwamm dieses Verhalten sehr häufig feststellen. Weltner beschreibt bei der erwachsenen Spongilla (41 p. 3), dass es ausser den Kammern, zu denen lange Gänge von den Subdermalräumen aus hinführen, auch

solche giebt, die dem Boden des Subdermalraums direkt angelagert sind. Ich möchte aus den obigen Gründen annehmen, das dies letztere das vorausgehende Verhalten ist, während sich die Gänge erst durch spätere Wachstumsänderungen ausziehen.

Auf solche eigentümlichen Vorgänge des Wachstums weist auch das Verhalten der Nadeln hin, die immer mehr nach der Peripherie zu vorrücken und wenigstens teilweise eine Anordnung in Zügen senkrecht zur Oberfläche eingehen.

Meine Ergebnisse glaube ich ganz kurz folgendermassen zusammenfassen zu können:

1. Aus dem dotterreichen Ei der Spongilla entsteht durch totale, äquale Furchung eine compacte Morula.
2. Am einen Pol dieser Morula bildet sich zunächst eine Delle und aus dieser eine Höhle, die zum Schlusse gelangt, während die Zellen noch Blastomerencharakter tragen.
3. Die Verarbeitung des Dotters und die Differenzierung der Gewebe beginnt an allen Punkten des Embryos gleichzeitig. Es entsteht dadurch eine dreischichtige Larve.
4. Die schwärmende Larve enthält
   a) eine von cylindrischen, flimmernden Zellen gebildete Aussenschicht;
   b) eine aus platten, spindelförmigen Zellen bestehende epitheliale Auskleidung der Höhle mit gangartigen Ausläufern und ansitzenden Geisselkammern, die oft bis in die mittlere Schicht hinein zu sehen sind.
   c) Diese selbst besteht zunächst aus Zellen mit noch nicht verarbeitetem Dotter, dann aus einer Bindesubstanz, d. h. einer Gallerte mit Zellen und aus Silicoblasten mit ihren Nadeln.

5. Das Festsetzen geschieht mit dem Pol der Höhle und hat eine ausserordentliche Abflachung der ganzen Larve zur Folge.
6. Hand in Hand damit geht ein Flacherwerden der Ectodermzellen von der cylindrischen bis zur ganz platten, gestreckten Gestalt. Die Zellen der Randpartie werden dabei amöboid.
7. Sobald bei der Abflachung der Larve die Geisselkammern der Oberfläche nahe kommen, bilden sich durch Einschlagen der Ectodermzellen die Einströmungsöffnungen.
8. Das ausführende System entsteht durch secundäres Durchbrechen der ursprünglichen Höhle nach aussen.
9. Durch spätere Wachstumsvorgänge entstehen die Subdermalräume und die zu den Kammern führenden Gänge.

Litteraturverzeichnis.

1. Barrois, Mémoire sur l'embryologie de quelques Éponges de la Manche (Annales des Sciences naturelles, 6. sér., Zoologie III. 1876.)
2. Brandt, Über die morphologische und physiologische Bedeutung des Chlorophylls bei Tieren. Mitteilungen der Zool. Stat. Neapel IV, 1883.
3. Carter, On the Ultimate Structure of Spongilla. Ann. and Mag. of Nat. hist., ser. 2, vol. XX, 1857.
4. Carter, On the Development of the Marine sponges from the Earliest Recognizable Appearance of the Ovum to the Perfected Individual. Ann. and Mag. of Nat. Hist., ser. 4, vol. XIV, 1874.
5. Carter, Notes Introductory to the Study and Classification of the Spongida. Ann. and Mag. of Nat. Hist., ser. 4, vol. XVI, 1875.
6. Fiedler, Über Ei- und Spermabildung bei Spongilla fluviatilis. Zeitschr. f. wiss. Zool., B. 47, 1888.
7. Ganin, Zur Entwickelung der Spongilla fluviatilis. Zool. Anz., I. Jahrg., No. 9, 1878.
8. Ganin, Beiträge zur Kenntnis des Baues und der Entwickelung der Schwämme (Warschau 1879, russisch).
9. Götte, Über die Entwickelung der Spongillen. Zoolog. Anz., VII. Jahrg., 1884, No. 183 u. 184.
10. Götte, Untersuchungen zur Entwickelungsgeschichte von Spongilla fluv. (3. Heft der Abh. z. Entwickelungsgesch. der Tiere Hamburg u. Leipzig 1886).
11. Häckel, Die Kalkschwämme. Eine Monographie. Berlin 1872.
12. Hamann, Zur Entstehung und Entwickelung der grünen Zellen bei Hydra. Zeitschr. f. wiss. Zool., XXXVII, 1882.
13. Heider, Zur Metamorphose der Oscarella lobularis. Arb. aus dem zoolog. Inst. der Universität Wien etc. 8. Band, 1886.

14. Keller, Studien über Organisation und Entwickelung der Chalineen. Zeitschr. f. wiss. Zool., XXXIII, 1880.
15. v. Lendenfeld, Experimentelle Untersuchungen über die Physiologie der Spongien. Zeitschr. f. wiss. Zool., B. II, 1889.
16. Lieberkühn, Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Spongillen. Müllers Archiv für Anatomie und Physiologie, 1856.
17. Lieberkühn, Zur Entwickelungsgesch. der Spongillen. Nachtrag ebenda.
18. Lieberkühn, Zusätze zur Entwickelung der Sp. (ebenda).
19. Lieberkühn, Beiträge zur Anatomie der Spongien (ebenda 1857).
20. Lieberkühn, Neue Beiträge zur Anatomie der Spongien (ebenda 1859).
21. Lieberkühn, Über Bewegungserscheinungen bei Schwämmen (ebenda 1863).
22. Lieberkühn, Über das kontraktile Gewebe der Sp. (ebenda 1867).
23. Maas, Zur Metamorphose der Spongillalarve. Zool. Anz. 1889, Nr. 216.
24. Marshall, Die Ontonogie von Reniera filigrana. Zeitschr. f. wiss. Zool., XXXVII, 1881.
25. Metschnikoff, Spongiologische Studien 1—5. Zeitschr. f. wiss. Zool., XXXII, 1879.
26. Schmidt, Zur Orientirung über die Entwicklung der Spongien. Zeitschr. f. wiss. Zool., Suppl. XXV, 1875.
27. Schulze, Über den Bau und die Entwicklung von Sycandra raphanus. Zeitschr. f. wiss. Zool. Suppl. B. XXV, 1875.
28. Schulze, Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung der Spongien. Die Gattung Halisarca (ebenda, XXVIII, 1877).
29. Schulze, Dasselbe, III. Mitteilung. Die Familie der Chondrosidae (ebenda, XXIX, 1877).
30. Schulze, Dasselbe, IV. Mitteilung. Die Familie der Aplysiniden. (ebenda, XXX, 1878).
31. Schulze, Dasselbe, V. Mitteilung. Die Metamorphose von Sycandra raphanus (ebenda, XXXI, 1878).
32. Schulze, Dasselbe, VI. Mitteilung. Die Gattung Spongelia (ebenda, XXXII, 1879).
33. Schulze, Dasselbe, VII. Mitteilung. Die Familie der Spongidae (ebenda).
34. Schulze, Dasselbe, VIII. Mitteilung. Die Gattung Hircinia (ebenda, XXXIII, 1880).
35. Schulze, Dasselbe, IX. Mitteilung. Die Plakiniden (ebenda, XXXIV, 1880).

36. Schulze, Dasselbe, X. Mitteilung. Corticium candalabrum (ebenda, XXXV, 1881).
37. Schulze, Über das Verhältnis der Spongien zu den Choanoflagellaten (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin, phys.-mathem. Klasse, 1885, X).
38. Sollas, On the Development of Halisarca lobularis. Quarterly Journal of micr. Science 1884. XXIV.
39. Vosmaer, Spongien (Parifera) in Brones Klassen und Ordnungen des Tierreichs (Leipzig und Heidelberg).
40. Vosmaer, Note on the Metamorphosis of the Sponge larva (Tigdschrift der Nederlandsche Dierkundige Vereeniging). Leiden 1889.
41. Weltner, Die Spongillen der Spree und des Tegelsees Berlin. Sitzungsber. d. Ges. naturf. Freunde. Berlin 1886, No. 10.
42. Weltner, Über das Fortleben von Spongillen nach der Ausbildung von Schwärmlarven (ebenda 1888, No. 2).

Thesen.

I.

Die Spongien sind echte Metazoen und nicht polyphyletischer Abstammung aus den Choanoflagellaten.

II.

Das zoologische System des Aristoteles steht den heutigen Anschauungen näher wie das Linnés.

III.

Eine allgemeine Bildung sollte auf die Naturwissenschaften mehr wie bisher Rücksicht nehmen.

VITA.

Natus sum Otto Maas Mannhemiensis anno MDCCCLXVII die XXX mensis Julii patre Josepho, quem morte praematura mihi ereptum vehementer lugeo, matre Elisabetha e gente Wolff qua superstite gaudeo. Fidei catholicae addictus sum.

Gymnasium Mannhemiense usque ad annum MDCCCLXXXV frequentavi. Testimonium maturitatis adeptus primum officio militari per unum annum fontibus Matthiacis satisfeci. Deinde in universitatibus Monacensi et Argentoratensi studio me dedi medicinae et rerum naturalium. Tum tentamine physico absoluto Berolinum in facultatem philosophicam sum transgressus.

Scholis interfui virorum illustrissimorum:

Monacensium: de Baeyer, R. Hertwig, Lommel, Rüdinger;

Argentoratensium: Goltz, Goette, Hoppe-Seyler, Kundt, Schwalbe, de Solms;

Berolinensium: O. Hertwig, Korschelt, Möbius, F. E. Schulze, Schwendener, Zeller.

Quibus omnibus gratias ago quam maximas, praecipue F. E. Schulze, qui in studiis zoologicis benignissime atque liberalissime me adiuvit.